

поскольку сверлильные станки с ременной передачей не смогли создать требуемый для разрушения образцов крутящий момент. Хотя даже четырёхкратное увеличение нагрузки слабо способствовало разрушению образцов. При разрушении образцов с выдержкой 15, 20 суток было замечено хрупкое разрушение. В общей сложности было разрушено 80 образцов, что достаточно для статистической обработки результатов исследований.

Таблица 1

**Результаты проведения экспериментов с образцами, подвергшимися выдержке в рассоле NaCl с концентрацией 300 г/л в течение 10 суток при температуре 80°С**

№ обр	240 часов							Нагрузк, кг.	Разрушение
	масса до, г.	диаметр до, мм.	толщина до, мм.	масса после, г.	диаметр после, мм.	толщина после, мм.	время разрушения, с.		
10	18	41	11	18,2	41,9	11,5	600	2	Не разрушен
11	17,6	41	10	17,8	40,8	10,8	380	6	Наполовину
12	18,8	40,7	11,8	19,2	41	12,3	180	8	Наполовину
13	18,6	40,5	11,5	19	40,6	12,3	600	2	Не разрушен
14	18,8	41,5	11,7	19	42	12,4	160	8	Наполовину
15	18,2	41,5	10,5	18,4	42	11,1	600	8	Наполовину
16	19	41	11,7	19,4	41	12,3	600	2	Не разрушен
17	18,2	41	10,9	18,6	41,3	11,4	360	8	Наполовину
18	19,4	41,5	11,9	19,6	40,7	12,4	300	8	Разрушен

Анализируя данные, полученные в результате проведения экспериментов, можно сделать следующие выводы:

- выдержка образцов резины в растворе соли позволяет значительно повысить износостойкость и имеет границы эффективности;
- при длительной выдержке наблюдается хрупкое разрушение образцов, но всё же время износа больше, чем при отсутствии выдержки;
- есть гипотеза, что образцы резины «армируются» минералами соли;
- старт разрушения наступает в результате термической деструкции резины (после предварительного прогрева образца за счет сил трения);
- не установлено явного влияния различных дисперсионных сред на скорость разрушения;

В результате проведённых исследований намечены следующие цели развития для получения более широкого представления о физико-химических процессах, происходящих с резиной в реальных условиях, а также для увеличений износостойкости данной резины:

- уточнение наиболее эффективного времени выдержки образцов в рассоле;
- проведение опытов с рассолами различных солей и варьированием их концентрации;
- продолжение экспериментальных исследований с реальными системами буровых растворов;
- апробация технологии упрочнения на реальных ВЗД.

#### Литература

1. Епихин А. В. и др. Исследование влияния дизельного топлива на резину эластомера винтового забойного двигателя в температурном интервале 25-90° С //Экспозиция Нефть Газ. – 2016. – №. 6. – С. 68-70.
2. Фёдоров А. В., Ушаков Л. А., Епихин А. В. Разработка экспериментального стенда для имитации износа эластомера ротором винтового забойного двигателя в присутствии дизельного топлива //Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М.И. Кучина, Томск, 3-7 апреля 2017 г. Т. 2.— Томск, 2017. – 2017. – Т. 2. – С. 543-545.
3. Антипов В. В., Кухаренко Е. И. Классификация направлений модернизации винтового забойного двигателя //Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М.И. Кучина, Томск, 3-7 апреля 2017 г. Т. 2.—Томск, 2017. – 2017. – Т. 2. – С. 454-455.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ СТВОЛА СКВАЖИНЫ В ГОРНОМ МАССИВЕ

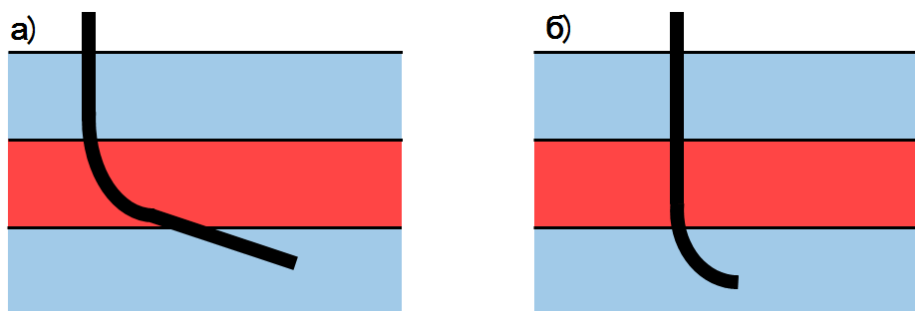
**Д.А. Балашов**

Научный руководитель – инженер Д.В. Коношонкин

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

Стабильность ствола скважины при бурении должна быть точно оценена, а траектория скважины - спроектирована таким образом, чтобы процесс бурения был максимально безопасным ввиду обрушения стенок ствола. Например, при достижении целевой глубины скважина пересекает породы с различными механическими

свойствами и спектром напряжений ввиду свойств и геологических особенностей; поэтому наименее стабильные горные породы должны быть вскрыты скважиной и пройдены вертикально во избежание формирования избыточных тангенциальных напряжений вблизи ствола, что снизит риск обрушения стенок скважины (рис. 1).



**Рисунок 1. Зависимость точки начала набора угла от стабильности массива: а) набор угла спроектирован в неустойчивом массиве; б) набор угла спроектирован в устойчивом массиве**

Также, породы могут характеризоваться критическим значением набора угла, поэтому траектория бурения должна быть спроектирована таким образом, чтобы набор угла скважины не производился в массиве, не подходящем для этого, либо набор угла должен быть минимизирован.

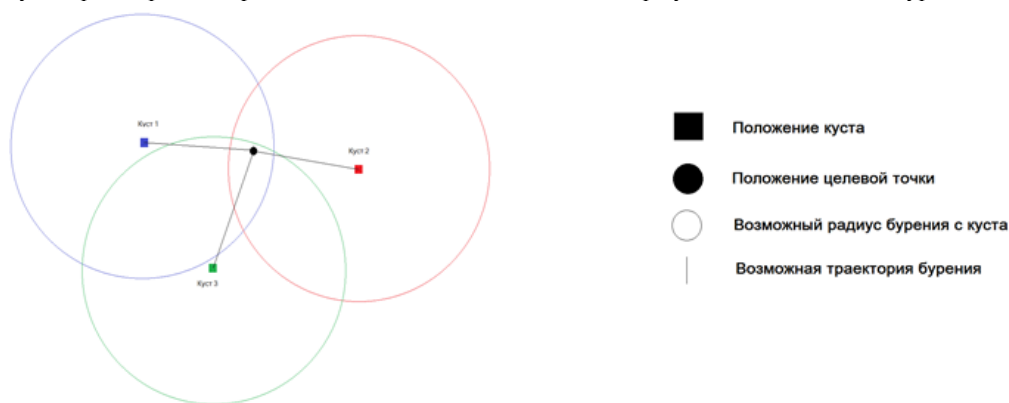
Невыполнение этих условий может привести к нарушению стабильности ствола ввиду обрушения стенок скважины [1]. Это может привести к следующим отрицательным моментам:

1. Моделирование траектории бурения, отличающейся от наиболее безопасной, может привести к невозможности использования наиболее дешевого бурового раствора на водной основе, что потребует использования раствора на полимерной основе, оказывающего укрепляющее воздействие на стенки;
2. Обрушение стенок приведет к уменьшению скорости проходки ввиду избыточного количества шлама в стволе, некачественной циркуляции раствора, что удорожает бурение скважины;
3. Обрушение пород приведет к локальному увеличению диаметра ствола скважины, что потребует большего объема цемента при проведении цементирования;
4. Критический случай, при котором проводить дальнейшее бурение будет невозможно, потребует спуска дополнительной обсадной колонны для изоляции проблемного интервала. Это удорожает стоимость скважины и может привести к тому, что спустить НКТ нужного диаметра для оптимальной работы скважины может быть невозможно;

Основной задачей работы является изучения влияния геологических условий на стабильность ствола скважины с целью оптимизации процесса бурения, снижения рисков и выбора наиболее безопасного и экономически выгодного способа бурения и траектории скважины.

Ввиду того, что на работающем месторождении в большинстве случаев бурение производится с кустовых площадок, с целью минимизации затрат на отсыпку нового куста для бурения рекомендуется использование имеющихся кустов. Именно проблема выбора куста и является основной неоднозначностью при проектировании бурения (рис. 2).

При расчете стабильности бурения получено, что с куста 1 наиболее оптимальным вариантом является бурение траектории типа «S-shape» ввиду нестабильных пород сразу выше пласта; с куста 3 – траектория «Build and Hold» как наиболее простая при отсутствии существенных проблем при бурении, куст 2 позволяет достичь целевой точки при соблюдении вертикальности ствола на небольшой глубине («deep kick off»), более устойчивые породы ниже позволяют производить резкий набор угла (рис. 3). При оценке экономической эффективности в данном случае траектория «Deer Kick Off» является самой выгодной при условии безопасного бурения [2].



**Рисунок 2. Возможные траектории бурения проектной скважины**

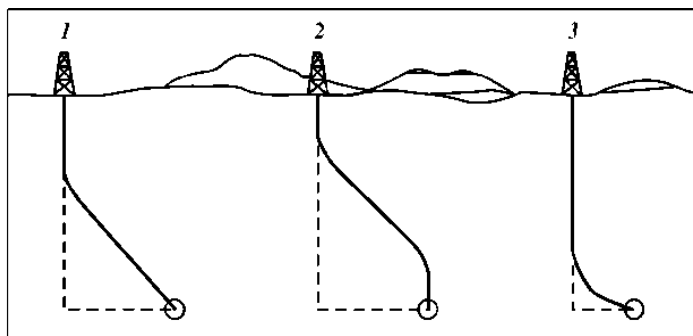


Рисунок 3. Разновидности траекторий бурения: 1 - Build and Hold, 2 - S-shape, 3- Deep Kick Off

#### Литература

1. Зотеев, О.В. Геомеханика: Учебное пособие. – Екатеринбург: УГГУ, ИГД УРО РАН, 2003. – 252 с.
2. Zoback D., Mark Reservoir Geomechanics/ interdisciplinary book – Cambridge: Cambridge University Press, 2010. – 461 p.

### ЭФФЕКТ ПОЛЯРНОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОМ БУРЕНИИ

И.В. Бугаев, С.Ю. Дацкевич, М.Ю. Журков, А.С. Юдин

Научный руководитель – профессор В.Ф. Важов

Национальный Исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Электроимпульсный (ЭИ) способ разрушения твердых диэлектрических и полупроводящих тел, открытый в Томском политехническом университете (Россия) [2], является принципиально новым и соответствует многим критериям эффективного разрушения горных пород и искусственных материалов.

При воздействии импульса высокого напряжения субмикросекундной длительности на горную породу в электроизоляционной жидкости (в том числе и в воде) происходит внедрение канала разряда в породу. Это явление – основа ЭИ способа разрушения твердых тел. В канале разряда за время несколько микросекунд выделяется энергия, запасенная в источнике высоковольтных импульсов. В объеме горной породы развиваются процессы подобные взрыву – происходит электровзрыв. Рабочим телом, разрушающим горную породу, является плазма канала разряда, которая возобновляется от разряда к разряду, т.е. не изнашивается и не стареет. В самой сущности ЭИ способа заложена возможность достижения более высокой в сравнении с механическими способами эффективности разрушения с низкими энергетическими затратами. Эти преимущества особенно ярко проявляются при бурении скважин большого диаметра в крепких и очень крепких горных породах. При этом наблюдается слабый износ бурового наконечника, который позволяет бурить без замены сотни метров. Возникновение первичного канала разряда как с катода, так и с анода имеет одинаковую физическую природу. Различия состоят в том, что при разряде с катода в его формировании участвуют преимущественно несобственные электроны, инжектированные с катода, а при разряде с анода – собственные электроны из мелких донорных уровней диэлектрика, что существенно влияет на скорость развития разряда.

Скорость развития канала разряда влияет на вероятность внедрения канала в горную породу: чем выше скорость, тем выше вероятность внедрения, т.е. применение при ЭИ бурении импульсного напряжения положительной полярности повышает вероятность внедрения и, как следствие, эффективность бурения. Кроме этого известно, что эффект полярности влияет на пробивные напряжения горных пород. Для внедрения канала разряда в породу существенным является полярность высоковольтного электрода. Для диэлектриков и горных пород пробивное напряжение на положительной полярности ниже, чем на отрицательной. Эффективнее проводить ЭИ бурение при отрицательной полярности импульса напряжения, так как при этом пробивное напряжение жидкости наибольшее, однако практическую значимость имеют также величина объема разрушения, которая при отрицательной полярности импульса значительно меньше [3].

В настоящее время имеет место значительный интерес к использованию ЭИ способа для бурения геотермальных скважин большого диаметра (400 мм и более) и большой глубины (более 3500 м), где предпочтительнее использовать импульсы отрицательной полярности [5]. Ожидается, что использование ЭИ способа для бурения геотермальных скважин позволит снизить затраты на получение скважины до 30% [4], вследствие чего данный альтернативный источник энергии станет доступным для широкого использования.

Абсолютное большинство работ по ЭИ бурению осуществлялось на положительной полярности импульса напряжения. Большое практическое значение имеет эффективность реального бурения горных пород для разных полярностей рабочего напряжения. Источником высоких импульсных напряжений разной полярности является генератор Аркадьева-Маркса, обладающий простой конструкцией, высокой надежностью, возможностью регулировок энергетических параметров.

Нами разработан ЭИ буровой снаряд диаметром 219 мм, на котором закреплен буровой наконечник диаметром 310 мм с расстоянием между электродами  $S = 40$  мм, состоящий из восьми пар электродов (рис. 1).